



# Conception d'une antenne hélice pour fil textile RFID UHF extensible

Sofia Benouakta, Santasri Koley, Florin Doru Hutu, Yvan Duroc

## ► To cite this version:

Sofia Benouakta, Santasri Koley, Florin Doru Hutu, Yvan Duroc. Conception d'une antenne hélice pour fil textile RFID UHF extensible. JNM 2019, May 2019, Caen, France. pp.865-868. hal-02137601

**HAL Id: hal-02137601**

**<https://hal.science/hal-02137601>**

Submitted on 21 Aug 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Conception d'une antenne hélice pour fil textile RFID UHF extensible

S. Benouakta<sup>1</sup>, S. Koley<sup>1</sup>, F. Hutu<sup>2</sup>, Y. Duroc<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, Ampère, F-69622, Villeurbanne, France

<sup>2</sup> Univ Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, F-69621, Villeurbanne, France  
sofia.benouakta@univ-lyon1.fr

**Résumé** – Dans cet article, la conception d'une antenne hélice pour la réalisation d'un fil textile intelligent intégrant la technologie RFID (Radio Frequency IDentification) UHF (Ultra Hautes Fréquences) est présentée. L'intérêt du design proposé est à la fois de permettre l'intégration de l'élément rayonnant RFID UHF dans le fil textile mais aussi d'assurer une certaine robustesse à l'élongation du fil. Le contexte industriel de l'étude est souligné, puis la méthodologie de conception et les résultats démontrant l'efficacité de la solution proposée sont détaillés. L'antenne réalisée présente une longueur de 24 mm par brin, un diamètre de 1 mm et une distance entre deux spires adjacentes de 0,3 mm. Elle supporte une élongation jusqu'à 16 % de sa longueur sans dégradation notable de ses paramètres électriques.

### 1. Introduction

L'identification par radiofréquence, ou RFID (Radio Frequency IDentification) est aujourd'hui largement déployée dans de nombreuses applications industrielles et de notre vie de tous les jours. Avec entre autres le développement de l'Internet des Objets, elle est toujours en train d'évoluer couvrant toujours plus d'applications tout en offrant de nouvelles fonctionnalités (intégrant par exemple capteurs ou actionneurs) [1].

Un aspect essentiel mais trop peu considéré est le lien étroit entre tag RFID et objet. L'approche classique consiste à associer ou à attacher (par collage par exemple) un tag à un objet, chacun indépendamment fabriqué l'un de l'autre. L'approche qui consiste à penser objet et tag simultanément dès la phase de fabrication fait partie des paradigmes de la 4<sup>ème</sup> révolution industrielle. A chaque étape de la vie de l'objet, cette approche permet plus de souplesse, de personnalisation et de sécurité.

Deux technologies répondent à cette tendance : la technologie d'impression 3D dite plastronique [2] (toutefois limitée par les matériaux envisageables, les tailles et les textures que les imprimantes 3D sont capables de fabriquer) et la technologie "wearable" dite habitronique [3] (basée sur l'utilisation de fils électro-textiles à conductivité limitée nécessitant des antennes volumineuses dont la fiabilité structurelle est aussi très faible). Dans le contexte de l'industrie textile et plus particulièrement de l'habillement, le concept de fil textile intelligent connecté a suscité beaucoup d'intérêt à des fins de traçabilité et d'identification [4, 5] mais aussi de

capture d'informations, par exemple pour la température [6] et l'humidité [7]. Le concept de fil textile RFID réinvente le facteur de forme de l'étiquette RFID qui devient un fil RFID, passif et fiable mécaniquement. Ce fil peut être utilisé comme matière première pour confectionner un tissu ou également être intégré dans la structure même d'un objet. La solution proposée dans [5] (et étendue dans [7] en intégrant une fonctionnalité de capteur) est basée sur une antenne dipôle qui présente l'inconvénient de ne pas être adaptée en cas d'élongation du fil, par exemple dans le cas d'un textile élastique.

L'étude présentée propose d'utiliser une hélice dont la structure géométrique permettra une meilleure résistance à l'élongation du fil que ce soit mécaniquement ou en termes de rayonnement. Pour la conception de l'antenne, il est impératif de conserver le caractère filaire de l'antenne (« antenne 1D ») et de réaliser l'adaptation d'impédance à la puce RFID qui lui sera associée. Dans les sections qui suivent, la structure de l'antenne est détaillée, la méthodologie de conception suivie est soulignée et des résultats de simulation illustrent les caractéristiques de l'antenne et évaluent sa robustesse en termes d'élongation.

### 2. Conception de l'antenne

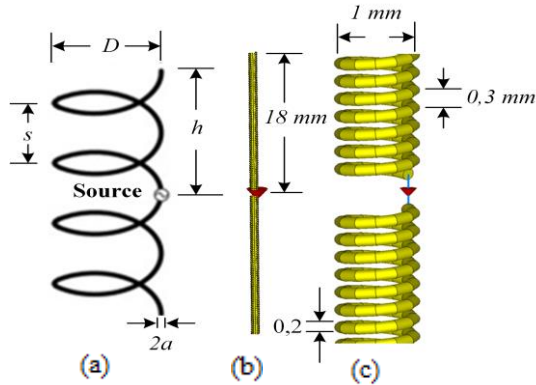
Les simulations présentées sont effectuées à l'aide du logiciel CST Microwave Studio® 2018.

#### 2.a. Détermination des paramètres initiaux de dimensionnement de l'antenne dipôle hélice

Une antenne hélice est constituée par l'enroulement d'un fil conducteur constituant l'élément rayonnant. Ses caractéristiques géométriques, qui vont déterminer les performances de l'antenne, sont définies par le diamètre des enroulements  $D$ , le nombre d'enroulements  $N$ , l'espacement entre deux spires adjacentes  $s$ , le rayon du conducteur  $a$  et la demi-longueur axiale  $h$  [8].

A partir de la théorie sur les antennes hélices [9] et des équations de Kraus [10], en prenant en compte le contexte applicatif visé (bande RFID européenne (865,5-867,5 MHz) et intégration de l'antenne dans un fil textile), les valeurs des différents paramètres considérées initialement sont les suivantes (cf. Figure 1) :  $D = 1 \text{ mm}$  ;  $N = 60$  ;  $s = 0,3 \text{ mm}$  ;  $a = 0,1 \text{ mm}$  ;  $h = 18 \text{ mm}$ . Le matériau conducteur choisi est le cuivre.

Il faut aussi noter que l'antenne a d'abord été conçue en espace libre pour valider la conception. Dans un second temps, une âme à l'intérieur de l'hélice et un environnement donné à l'extérieur ont été considérés, cela sans perte de généralités quant à la méthodologie de conception.



**Figure 1. Antenne dipôle hélice : a) illustration des paramètres de dimensionnement ; b) vue de l'antenne entière sous CST ; c) zoom autour du port d'alimentation.**

### 2.b. Optimisation des dimensions et adaptation d'impédance entre antenne et puce RFID

Contrairement à la classique adaptation d'impédance standard à  $50 \Omega$ , la conception de toute antenne de tag RFID doit idéalement intégrer l'adaptation de l'antenne à la puce RFID. Etant donné la puce RFID considérée (même choix que [5] mais cela reste arbitraire pour la méthode de conception présentée), l'impédance de l'antenne  $Z_{ANT}$  à la fréquence de résonance (ici 867 MHz) doit être égale à  $15 + j \cdot 150 \Omega$ . Inspiré de la méthode proposée par [11], à partir du dimensionnement initial (§2a) et avec la contrainte d'adaptation d'impédance, deux étapes d'optimisation sont réalisées : 1) l'espacement entre les spires  $s$  est varié de 0,3 mm à 0,9 mm afin d'obtenir l'adaptation d'impédance recherchée ; 2) le paramètre  $s$  étant alors maintenu constant, la longueur de l'antenne et le nombre de spires sont variés pour atteindre la fréquence de résonance (tout en maintenant l'adaptation).

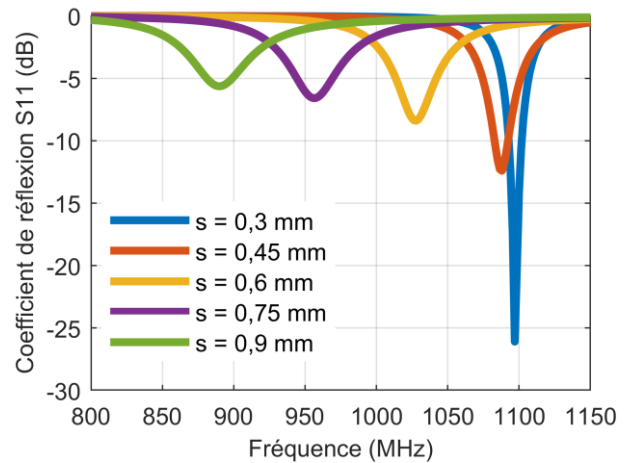
Finalement les paramètres optimisés de l'antenne hélice sont les suivants :  $D = 1 \text{ mm}$  ;  $N = 80$  ;  $s = 0,3 \text{ mm}$  ;  $a = 0,1 \text{ mm}$  ;  $h = 24 \text{ mm}$ . La méthode proposée présente l'avantage d'être relativement simple à mettre en œuvre et flexible à des variations de contextes (nouvelle fréquence d'intérêt, autre choix de puce RFID, etc.)

## 3. Résultats de simulation

### 3.a. Caractérisation de l'antenne hélice en espace libre

L'impact de la variation de l'espacement entre les spires  $s$  sur le coefficient de réflexion  $S_{11}$  est évalué (cf. Figure 2). Quand l'espacement entre les spires augmente la fréquence de résonance est décalée vers les basses fréquences et le coefficient de réflexion est dégradé.

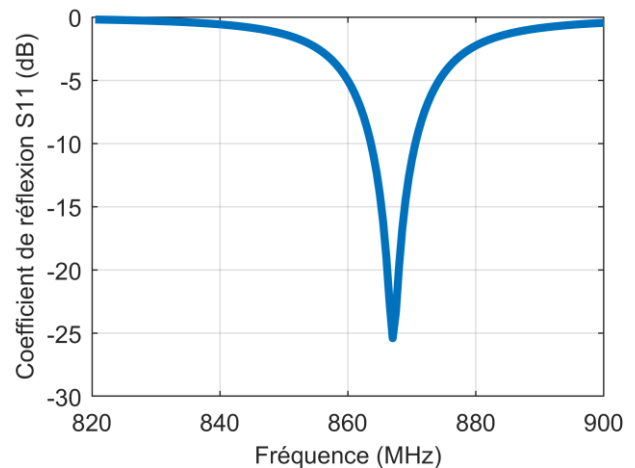
L'adaptation d'impédance est obtenue pour  $s = 0,3 \text{ mm}$ , pour une fréquence de résonance de 1104 MHz.



**Figure 2. Coefficient de réflexion  $S_{11}$  pour différents espacements entre les spires**

Afin d'atteindre la fréquence opérante à 867 MHz, la longueur  $h$  est augmentée en ajoutant des spires tout en conservant l'espacement entre les spires constant et égal à 0,3 mm.

Finalement, l'adaptation d'impédance entre l'antenne hélice et la puce RFID Monza 4 M4 à la fréquence 867 MHz est obtenue pour les paramètres optimisés suivants :  $h = 24 \text{ mm}$ ,  $D = 1 \text{ mm}$ ,  $N = 80$ ,  $s = 0,3 \text{ mm}$ ,  $a = 0,1 \text{ mm}$  (cf. Figure 3). La bande passante à -10 dB s'étend de 863,54 MHz jusqu'à 870,47 MHz et est égale à 6,94 MHz.



**Figure 3. Coefficient de réflexion  $S_{11}$  de l'antenne optimisée (adaptation d'impédance à 867 MHz)**

Les parties réelle et imaginaire de l'impédance d'entrée sont également représentées (cf. Figure 4) et soulignent que l'impédance de l'antenne à la fréquence 867 MHz est égale au conjugué de l'impédance de la puce RFID considérée comme attendu. Il est à noter qu'une résonance est observée à 1300 MHz.

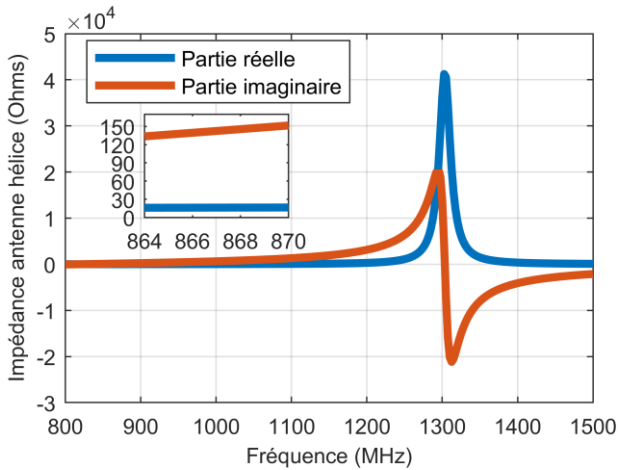


Figure 4. Impédance d'entrée de l'antenne hélice

Le diagramme de rayonnement 3D de l'antenne hélice (cf. Figure 5) montre les similarités avec celui d'une antenne dipôle pour le mode normal par rapport à l'axe  $z$ , au long duquel se trouve l'antenne. Toutefois il est à noter que le gain réalisé est de -1 dBi et le rapport axial défini tel que  $AR = E_{\theta}/E_{\phi}$  est égal à 30 dB. La polarisation en champ lointain est alors elliptique [12].

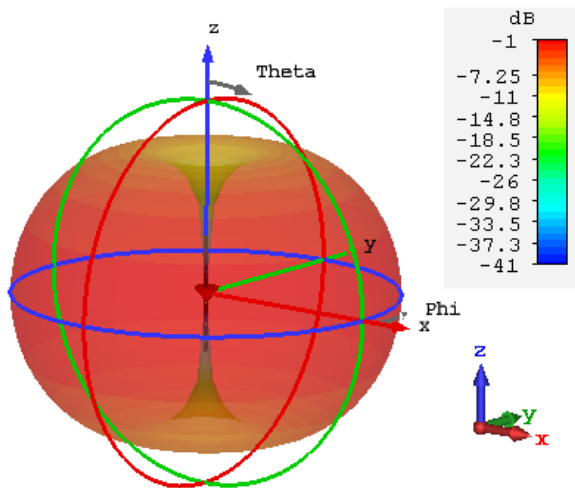


Figure 5. Diagramme de rayonnement 3D de l'antenne hélice

### 3.b. Evaluation de la robustesse de l'antenne hélice en terme d'élongation

Afin d'évaluer les performances de l'antenne hélice en cas d'élongation de son support physique, la longueur axial  $h$  est variée de  $h_0 = 24 \text{ mm}$  à  $h = 30 \text{ mm}$  (en considérant un pas de 2 mm et en conservant le nombre d'enroulements constant). Le Tableau 1 présente l'élongation relative  $E$  correspondant à chaque longueur.

A partir de la représentation du coefficient de réflexion, il est observé un décalage de la fréquence de résonance vers les basses fréquences lorsque l'élongation augmente (cf. Figure 6). Toutefois, jusqu'à 16% d'élongation relative, la bande passante à -10 dB reste suffisante pour assurer un fonctionnement satisfaisant de l'antenne.

$h$ [mm]	24	26	28	30
$E$ [%]	0	8.33	16	25

Tableau 1. Elongation relative correspondant à chaque longueur de l'hélice

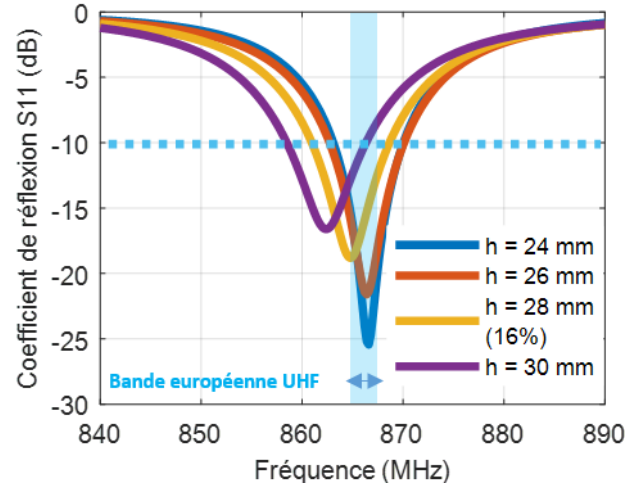


Figure 6. Coefficient de réflexion de l'antenne en fonction de sa longueur axiale.

### 3.c. Contraintes de fabrication

En pratique, l'antenne dipôle hélice sera enroulée autour d'un certain matériau diélectrique qui pourrait avoir un impact plus ou moins important sur les caractéristiques électromagnétiques de l'antenne.

Afin d'illustrer ce phénomène, un matériau cylindrique de permittivité relative  $\epsilon_r$  variant entre 1 et 3 est introduit dans l'antenne dipôle hélice. Les résultats de la simulation (cf. Figure 7) montrent son effet sur le coefficient de réflexion. La fréquence de résonance est décalée vers les basses fréquences lorsque  $\epsilon_r$  augmente.

Il sera important pour une application donnée de tenir compte du matériau au centre de l'antenne hélice dès la phase de conception. Une certaine robustesse en termes de bande passante peut être toutefois observée permettant d'envisager l'usage de matériaux de permittivités différentes (ici jusqu'à  $\epsilon_r = 2$ ).

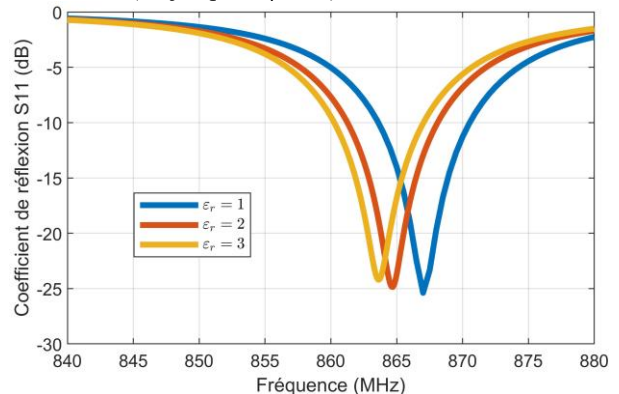


Figure 7. Coefficient de réflexion  $S_{11}$  considérant différents diélectriques à l'intérieur de l'antenne hélice

## 4. Conclusion

L'antenne hélice présentée est une solution alternative à l'antenne dipôle proposée dans [5] pour la réalisation d'un fil textile UHF RFID, qui dans le cas présent, pourrait être alors élastique. La méthode de conception proposée est générale et permet de déterminer les paramètres géométriques optimaux de l'antenne pour assurer son bon fonctionnement en fonction de la bande de fréquence recherchée (ici bande européenne), de la puce associée (ici Monza 4), et des propriétés diélectriques de l'environnement à proximité. Le dimensionnement de l'antenne hélice répond aussi aux contraintes d'intégration dans un fil textile. La prochaine étape concernera la fabrication de l'antenne et sa caractérisation expérimentale (présentation espérée lors de la conférence).

## 5. Remerciements

Ces travaux sont financés par la « Région Auvergne Rhône-Alpes » à travers le programme Pack Ambition Recherche 2017 et en collaboration avec Primo1D.

Enfin, nous avons une énorme pensée pour Santasri Koley, co-auteur de cette communication, qui nous a quitté trop vite.

## Références

- [1] Y. Duroc et S. Tedjini, «*RFID: a key technology for humanity*», Comptes Rendus Physique, vol. 19, n° 1-2, pp. 64-71, February 2018.
- [2] Q. Liu, et al., «*Button-shaped radiofrequency identification tag combining three-dimensional and inkjet printing technologies* », IET Microwaves, Antennas Propagation, vol. 10, n° 7, pp. 737-741, 2016.
- [3] X. Chen, et al., «*Passive e-textile UHF RFID based wireless strain sensors with integrated references*», IEEE Sensors Journal, vol. 16, n° 22, pp. 7835-7836, November 2016.
- [4] V. Kumar, et al., «*Coded yarn based tag for tracking textile supply chain*», Journal of Manufacturing Systems, vol. 42, pp. 124-139, 2017.
- [5] G. Andia, «*Slenderly and conformable passive UHF RFID yarn*», IEEE International Conference on RFID, US, AZ, Phoenix, May 9-11, 2017, pp. 130-136.
- [6] P. Lugoda, et al., «*Refinement of Temperature sensing yarns*», The 4<sup>th</sup> International Electronic Conference on Sensors and Applications, November 15-30, 2017.
- [7] S. Koley, et al., «*Passive UHF RFID yarn for relative humidity sensing application*», European Conference on Antennas and Propagation, Poland, March 31-April 5, 2019.
- [8] Y. Liao, et al., «*On the equivalence between normal mode helical and coated wire antennas*», XXXI URSI General Assembly and Scientific Symposium, China, Beijing, August 16-23, 2014.
- [9] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3<sup>ème</sup> édition. Wiley 2005.
- [10] J.D. Kraus, «*The helical antenna*», Proceedings of the IRE, vol. 37, n° 3, pp. 263-272, Mars 1949.
- [11] Y. Liao, et al., «*Impedance matching design of small normal mode helical antennas for RFID tags*», International Symposium on Antenna and Propagation, China, Nanjing, October 23-25, 2013.
- [12] J.D. Kraus, «*The helical antenna*,» Proceedings of the IRE, vol. 37, no. 3, pp. 263-272, Mar. 1949.